UDC 597.551.213:615.9:577.113 **DOI: 10.58407/bht.3.25.9**

Copyright (c) 2025 Dmytrii Filonenko, Olha Mekhed
Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Дмитрій Філоненко, Ольга Мехед

БІОХІМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АФЛАТОКСИНУ В1 НА РІВЕНЬ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ КАРАСЯ ЗВИЧАЙНОГО

Dmytrii Filonenko, Olha Mekhed

BIOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF AFLATOXIN B1 ON THE LEVEL OF NUCLEIC ACIDS IN CURP TISSUES

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Метою дослідження є біохімічна оцінка впливу афлатоксину В1 на вміст нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного (*Carassius carassius* L.), зокрема визначення вмісту ДНК та РНК, їх співвідношення (РНК/ДНК), а також активності ферментів ДНКази та РНКази.

Методологія. Дослідження проведено на дворічках карася вагою 250–350 г у модельних умовах акваріумного утримання. Експозиція тривала 14 діб. Риби були розподілені на три групи: контроль та дві експериментальні – із внесенням афлатоксину В1 у концентраціях 0,5 та 1,0 мг/дм^3. Для аналізу відбирали печінку, м'язову тканину, зябра та мозок. Вміст ДНК та РНК визначали спектрофотометричним методом; активність нуклеаз оцінювали за зміною кількості нуклеїнових кислот у розчинній фракції. Статистичну обробку здійснювали методами варіаційної статистики з використанням t-критерію Стьюдента.

Наукова новизна. Встановлено, що афлатоксин В1 чинить дозозалежний вплив на нуклеїновий гомеостаз у тканинах риб. Виявлено достовірне зниження вмісту РНК і коефіцієнта РНК/ДНК навіть за низької концентрації токсину (0,5 мг/дм^3), що свідчить про пригнічення білоксинтетичної активності клітин. При вищій дозі (1,0 мг/дм^3) зниження рівня РНК становило 25–35 % відносно контролю, а співвідношення РНК/ДНК зменшувалося до 0,52–0,71. Одночасно зафіксовано достовірне зростання активності ДНКази та РНКази, що підтверджує посилення процесів деградації нуклеїнових кислот.

Висновки. Афлатоксин В1 є потужним стресовим фактором для гідробіонтів, який викликає деструктивні зміни у структурі нуклеїнових кислот, пригнічує білоксинтетичні процеси та активує ферменти їх деградації. Отримані результати підтверджують, що аналіз вмісту ДНК, РНК та їх співвідношення у поєднанні з показниками активності нуклеаз може бути використаний як чутливий біомаркер токсичного навантаження в аквакультурі.

Ключові слова: карась звичайний, афлатоксин В1, ДНК, РНК, нуклеази, токсикологія, аквакультура

ABSTRACT

Purpose of the work. The aim of this study was to provide a biochemical assessment of the influence of aflatoxin B1 on nucleic acid levels in tissues of the crucian carp (*Carassius carassius* L.), including determination of DNA and RNA content, their ratio (RNA/DNA), and the activity of the enzymes DNase and RNase.

Methodology. The experiment was carried out on two-year-old crucian carp weighing 250–350 g under controlled aquarium conditions. Fish were divided into three groups: control and two experimental groups exposed to aflatoxin B1 at concentrations of 0.5 and 1.0 mg/L, respectively. The exposure lasted for 14 days. Liver, muscle, gill, and brain tissues were collected for analysis. DNA and RNA contents were determined spectrophotometrically; nuclease activity was assessed by measuring nucleic acid degradation in soluble fractions. Statistical evaluation was performed using variation statistics and Student's t-test.

Scientific novelty. It was found that aflatoxin B1 exerts a dose-dependent effect on nucleic acid homeostasis in fish tissues. Even at the lower concentration (0.5 mg/L), significant decreases in RNA content and RNA/DNA ratio were recorded, indicating suppressed protein-synthetic activity of cells. At 1.0 mg/L, RNA levels decreased by 25–35 % compared to the control, while the RNA/DNA ratio dropped to 0.52–0.71. Simultaneously, a significant increase in DNase and RNase activities was observed, reflecting enhanced nucleic acid degradation.

Conclusions. Aflatoxin B1 acts as a strong stress factor for aquatic organisms, inducing destructive changes in nucleic acid structure, suppressing protein synthesis, and activating nuclease activity. These results highlight the potential use of DNA, RNA, their ratio, and nuclease activity as sensitive biomarkers of toxic load in aquaculture.

Key words: crucian carp, aflatoxin B1, DNA, RNA, nucleases, toxicology, aquaculture

Вступ

Афлатоксин В1 (AFB1) є одним із найнебезпечніших мікотоксинів, який продукується грибами роду *Aspergillus* і трапляється у різних кормах та харчових продуктах. Він відзначається високою гепатотоксичною, мутагенною та канцерогенною дією, становлячи загрозу як для людини, так і для тварин, у тому числі й риб (Pickova et al., 2021). В аквакультурі проблема мікотоксикозів актуалізується через поширене забруднення кормів, що підтверджують результати глобальних та регіональних досліджень: у кормах для риб виявляють одночасну присутність кількох мікотоксинів, що значно підвищує токсичний ефект (Kovalsky et al., 2016; Koletsi et al., 2021; Gruber-Dorninger et al., 2025).

Встановлено, що афлатоксин В1 негативно впливає на ріст і розвиток риб, знижує ефективність використання кормів та викликає морфологічні і біохімічні порушення (Barany et al., 2021; Fornari et al., 2023). У тканинах риб за його дії відбуваються зміни метаболічних процесів та ушкодження клітинних структур, пов’язані з активацією окисного стресу (Guindon-Kezis & Mulder Massey, 2014; El-Gendy et al., 2020). У лабораторних умовах продемонстровано, що вплив афлатоксину супроводжується ушкодженням ДНК, підвищенням рівня оксидативної модифікації нуклеїнових кислот і змінами активності ферментів репарації (Guindon-Kezis & Mulder Massey, 2014).

Серед інших мікотоксинів важливе місце посідає Т2 токсин, який вважається одним із найтоксичніших представників трихотеценів. Показано, що він викликає виражені структурно-функціональні зміни у тканинах риб, впливає на енергетичний метаболізм та інтенсифікує перекисне окиснення ліпідів (Zhang et al., 2019; Zhu et al., 2017; Błajet-Kosicka et al., 2024). Дослідження нашої лабораторії довели, що дія Т-2 токсину та інших ксенобіотиків порушує нуклеїновий гомеостаз, змінює вміст ДНК і РНК у тканинах коропа та впливає на морфологічні показники й біохімічні процеси (Matiushko & Mekhed, 2024; Mekhed, 2024; Mekhed, 2013a; Mekhed, 2013b; Pantiushenko et al., 2012; Polotnianko & Mekhed, 2023; Polotnianko & Mekhed, 2024). В інших роботах засвідчено адаптивні реакції крові коропа лускатого під дією забруднювачів водного середовища (Nikolaienko et al., 2023).

З огляду на зростання масштабів мікотоксикозів в аквакультурі актуальним напрямом є пошук способів їх мінімізації, зокрема через використання адсорбентів та біологічних інгібіторів (Phudkliang et al., 2025). Однак біохімічні механізми токсичної дії афлатоксину В1 на риб, зокрема зміни у метаболізмі нуклеїнових кислот, залишаються недостатньо вивченими.

Зважаючи на це, особливий науковий інтерес становить дослідження кількісних показників нуклеїнових кислот (ДНК, РНК), їх співвідношення та активності ферментів, що беруть участь у їхньому обміні (ДНКази, РНКази), у тканинах карася звичайного за умов дії різних концентрацій афлатоксину В1.

Мета роботи – є біохімічна оцінка впливу афлатоксину В1 на рівень нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного (*Carassius carassius* L.) шляхом визначення вмісту ДНК та РНК, їх співвідношення, а також активності ферментів ДНКази та РНКази при дії різних концентрацій токсину.

Матеріали та методи дослідження

Експериментальні дослідження виконували на дворічках карася звичайного (*Carassius carassius*) масою 250–350 г, виловлених у контрольній водоймі Київської області (штучна водойма, вільна від відомих джерел техногенного забруднення). Досліди проводили в модельних умовах у скляних акваріумах об’ємом 200 дм^3, розміщуючи риб із розрахунку одна особина на 40 дм^3 води. Тривалість експозиції становила 14 діб. Під час досліду підтримували температуру води на рівні +15…+16 °С, вміст розчиненого кисню знаходився у межах фізіологічної норми (5–7 мг/дм^3) (Bulbul Ali et al., 2022). Воду замінювали кожні три доби.

Риби утримувалися групами по п’ять особин у трьох варіантах: контроль (без додавання токсичних речовин); за дії афлатоксину В1 у концентраціях 0,5 мг/дм^3 та 1,0 мг/дм^3. Використовували стандартный зразок афлатоксину В1 TRILOGY (лот 240219-24159), до 06.2025. Умови зберігання згідно паспорту на стандарт при температурі не вище 8 °С.

Для аналізу відбирали тканини печінки, м’язів, зябер та мозку.

Вміст нуклеїнових кислот визначали спектрофотометрично: для РНК екстинцію вимірювали при 260 та 286 нм, для ДНК – при 268 та 284 нм. Співвідношення РНК/ДНК використовували як індикатор метаболічної активності клітин, відповідно до методики, наведеної у роботі Афанасьєвої К. С. та Чопей М. І. (Afanasyeva & Chopei, 2024). Активність ферментів (ДНКази та РНКази) оцінювали за методикою вимірювання кількості ДНК, що залишилася в розчинній фракції після впливу ферменту.

Статистичну обробку результатів здійснювали методами варіаційної статистики з використанням програмного пакета Statistica 10.0. Достовірність відмінностей між контрольною та дослідними групами визначали за критерієм Стьюдента (t-тест), вважаючи їх значущими при p < 0,05.

Результати дослідження та обговорення

Дослідження показали, що дія афлатоксину В1 призводить до істотних змін у вмісті нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного. У контрольній групі рівень ДНК у печінці становив 1,40 ± 0,07 мг/г, у м’язах – 1,10 ± 0,05 мг/г, у зябрах – 1,60 ± 0,08 мг/г, а в мозку – 1,30 ± 0,06 мг/г. При дії афлатоксину у концентрації 0,5 мг/дм^3 вміст ДНК істотно не змінювався, проте при концентрації 1,0 мг/дм^3 спостерігалося помірне зниження, особливо у печінці та мозку.

Найбільш виражені зміни зафіксовані щодо рівня РНК. У контролі він становив 1,10 ± 0,06 мг/г у печінці та 1,45 ± 0,07 мг/г у мозку. У риб, що зазнавали впливу афлатоксину В1, виявлено достовірне (*p < 0,05*) дозозалежне зниження цього показника: при 0,5 мг/дм^3 – на 9–15 %, при 1,0 мг/дм^3 – на 18–30 % залежно від тканини (рис. 1).

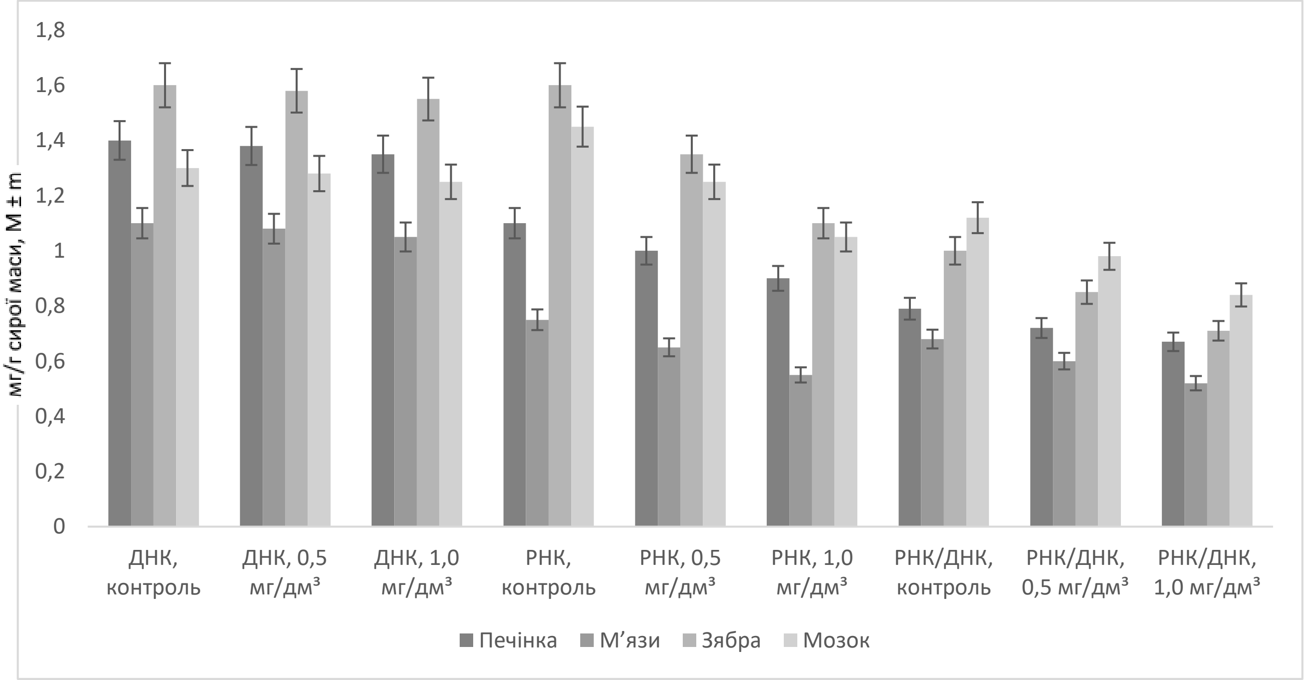

Рис. 1. Вміст ДНК, РНК та співвідношення РНК/ДНК у тканинах карася звичайного під впливом афлатоксину В1 (мг/г сирої маси, M ± m)

Аналіз активності ДНКази та РНКази показав, що у контрольній групі вона залишалася на стабільному рівні (100 ± 5 та 95 ± 6 ум. од/мг білка відповідно). Водночас у дослідних групах активність ферментів зростала у дозозалежний спосіб. При концентрації 0,5 мг/дм^3 активність ДНКази підвищувалася на 25 %, а РНКази – на 26 %, тоді як при 1,0 мг/дм^3 – на 50 % та 53 % відповідно. Це підтверджує посилення деградації нуклеїнових кислот під впливом афлатоксину (таблиця 1).

Таблиця 2

Активність нуклеаз у тканинах карася звичайного за дії афлатоксину В1 (ум. од/мг білка, M ± m)

Варіант	ДНКаза	РНКаза
Контроль	100 ± 5	95 ± 6
0.5 мг/дм³	125 ± 6*	120 ± 7*
1.0 мг/дм³	150 ± 8*	145 ± 7*

Примітка: * – вірогідні відмінності порівняно з контролем, $p < 0,05$

Отримані результати свідчать, що афлатоксин B1 чинить виражений вплив на нуклеїновий гомеостаз у тканинах карася звичайного, що проявляється дозозалежним зниженням вмісту РНК та зменшенням співвідношення РНК/ДНК. Відомо, що показник РНК/ДНК відображає інтенсивність білоксинтетичних процесів у клітинах, а його зниження свідчить про пригнічення метаболічної активності та загальне ослаблення фізіологічного стану організму. Такі зміни узгоджуються з даними літератури про зниження темпів росту, погіршення обмінних процесів і посилення катаболізму у риб за умов дії афлатоксину (Barany et al., 2021; Fornari et al., 2023).

Деградація нуклеїнових кислот під впливом токсину підтверджується зростанням активності ДНКази та РНКази. Активація цих ферментів свідчить не лише про пряме ушкодження молекул ДНК і РНК, але й про запуск механізмів клітинної загибелі та програмованого апоптозу. Подібні ефекти описані в інших біологічних моделях – зокрема, показано посилення оксидативного пошкодження ДНК, індукцію репаративних систем і активацію апоптичних каскадів після впливу афлатоксину B1 у тканинах ссавців (Guindon-Kezis & Mulder Massey, 2014; El-Gendy et al., 2020). Це свідчить про універсальний механізм токсичної дії афлатоксинів, пов'язаний з утворенням активних форм кисню та індукцією деструктивних процесів.

Важливим є той факт, що навіть низькі концентрації афлатоксину (0,5 мг/дм³) зумовили достовірні зміни у нуклеїновому метаболізмі, що узгоджується з даними про високу токсичність цього мікотоксину та його здатність акумулюватися у тканинах риб (Rokvic et al., 2020; Koletsi et al., 2021; Gruber-Dorninger et al., 2025). Схожі ефекти характерні і для інших мікотоксинів, зокрема Т-2 токсину. У попередніх дослідженнях було показано, що він призводить до пригнічення синтетичних процесів, порушення енергетичного обміну та зміни рівня нуклеїнових кислот у тканинах риб (Matiushko & Mekhed, 2024; Mekhed, 2024; Polotnianko & Mekhed, 2024). Ці результати узгоджуються з даними інших дослідників (Zhang et al., 2019; Zhu et al., 2017; Błajet-Kosicka et al., 2024), які підтверджують універсальність механізмів токсичної дії мікотоксинів.

Зниження співвідношення РНК/ДНК, зафіксоване у нашому досліді, можна розглядати як індикатор зниження метаболічної активності клітин і потенційний біомаркер токсичного навантаження. Наші попередні дослідження також підтверджують, що дія токсикантів різної природи призводить до порушення нуклеїнового обміну, зміни структури крові та тканин риб, а також прояву адаптивних реакцій на системному рівні (Mekhed, 2013a; Mekhed, 2013b; Pantiushenko et al., 2012; Nikolaienko et al., 2023).

Таким чином, результати цього дослідження підтверджують, що афлатоксин B1 є потужним стресовим фактором для гідробіонтів. Він викликає деструктивні зміни у структурі нуклеїнових кислот, активує ферменти їх деградації, знижує білоксинтетичну активність клітин та формує метаболічні зрушення, що мають адаптивно-компенсаторний або патологічний характер залежно від дози. Виявлені закономірності мають суттєве значення для розуміння механізмів токсичної дії мікотоксинів на водні організми та можуть бути використані для розробки біомаркерів токсичного навантаження в аквакультурі.

Висновки

Встановлено, що афлатоксин В1 справляє дозозалежний вплив на вміст нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного. Уже при концентрації 0,5 мг/дм^3 спостерігається достовірне зниження рівня РНК та коефіцієнта РНК/ДНК у більшості досліджених органів, що свідчить про пригнічення синтетичних процесів.

При підвищенні концентрації афлатоксину В1 до 1 мг/дм^3 ефект стає більш вираженим: зниження вмісту РНК становить у середньому 25–35 % відносно контролю, а співвідношення РНК/ДНК зменшується до 0,52–0,71 залежно від тканини. Це вказує на пригнічення білоксинтетичної активності клітин та зростання енергетичних витрат на підтримання життєдіяльності.

Виявлені зміни супроводжувалися підвищенням активності ДНКази та РНКази, що є свідченням активації процесів деградації нуклеїнових кислот і розвитку стресових реакцій у клітинах. Подібні результати узгоджуються з даними попередніх досліджень про роль мікотоксинів у формуванні оксидативного стресу та пошкодження клітинних структур.

Отримані результати підтверджують, що афлатоксин В1 може виступати важливим екотоксикантом для гідробіонтів, оскільки його дія призводить до порушення гомеостазу нуклеїнових кислот і ферментативної регуляції. Це має практичне значення для оцінки ризиків у системах аквакультури та розробки біомаркерів токсичної дії.

У цілому встановлено, що аналіз вмісту ДНК, РНК та їх співвідношення в поєднанні з показниками активності нуклеаз може бути використаний як інформативний метод для моніторингу стану риб за умов токсичного навантаження, що відповідає сучасним підходам до біомаркерних досліджень у токсикології водних організмів.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів/ Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Експериментальні процедури були схвалені Комісією з біоетики Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка (No протоколу: 5, 3жовтня 2024р., Чернігів, Україна) / The experimental procedures were approved by the Bioethics Committee of T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium" (Protocol Number: 5, 3 October 2024, Chernihiv, Ukraine).

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflicts of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

Afanasyeva, K.S., & Chopei, M.I. (2024). Modern methods of molecular biology. Kyiv. 129 p. (In Ukrainian).

Афанасьєва К.С., Чопей М.І. Сучасні методи молекулярної біології. Київ, 2024. 129 с.

Barany, A., Guilloto, M., Cosato, J., de Boevre, M., Oliva, M., de Saeger, S., Fuentes, J., Martínez-Rodríguez, G., & Mancera, J.M., (2021). Dietary aflatoxin B1 (AFB1) reduces growth performance, impacting growth axis, metabolism, and tissue integrity in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture, 533*, 736189. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2020.73

Bashorun, A., Hassan, Z. U., Al-Yafei, M. A., & Jaoua, S. (2023). Fungal contamination and mycotoxins in aquafeed and tissues of aquaculture fishes and their biological control. *Aquaculture, 576*, 01–08. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2023.739892

Błajet-Kosicka, S., Turek, J. T., Szyper-Matiaszek, J. A., Szymański, R. W., Szołtysik, A., Mikołajczak, A., Kowalski, P., & Szymański, P. R. (2024). T-2 Toxin—The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. *Toxins*, *16*(1). https://doi.org/10.3390/ toxins16010041

El-Gendy, A.H., Augustyniak, M., Toto, N.A., Al Farraj, S., El-Samad, L.M., 2020. Oxidative stress parameters, DNA damage and expression of HSP70 and MT in the midgut of Trachyderma hispida (Forskål, 1775) (Coleoptera: Tenebrionidae) from a textile industry area. *Environ. Pollut*. *267*, 115661. https://doi.org/10.1016/j. envpol.2020.115661

Fornari, D.C., Peixoto, S., Ksepka, S.P., Bullard, S.A., Rossi, W., Nuzback, D.E., & Davis, D.A. (2023). Effects of dietary mycotoxins and mycotoxin adsorbent additives on production performance, hermatological parameters, and liver histology in juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Frontiers in Animal Science*, *4*, 1281722. https://doi org/10.3389/fanim.2023.1281722

Gruber-Dorninger, C., Müller, A., & Rosen, R. (2025). Multi-Mycotoxin Contamination of Aquaculture Feed: A Global Survey. *Toxins*, *17*(3), 116. https://doi.org/10.3390/ toxins17030116

Guindon-Kezis, K.A., & Mulder Massey, T.E. (2014). *In vivo* treatment with aflatoxin B1 increases DNA oxidation, base excision repair activity and 8-oxoguanine DNA glycosylase 1 levels in mouse lung. *Toxicology, 321*, 21–26. https://doi.org/ 10.1016/j.tox.2014.03

Koletsi, P., Schrama, J.W., Graat, E.A.M., Wiegertjes, G.F., Lyons, P., & Pietsch, C. (2021). The Occurrence of Mycotoxins in Raw Materials and Fish Feeds in Europe and the Potential Effects of Deoxynivalenol (DON) on the Health and Growth of Farmed Fish Species—A Review. *Toxins, 13*(6), 403. https://doi.org/10.3390/ toxins13060403

Kovalsky, P., Kos, G., Nährer, K., Schwab, C., Jenkins, T., Schatzmayr, G., Sulyok, M., Krska, R. (2016). Co-occurrence of regulated, masked and emerging mycotoxins and secondary metabolites in finished feed and maize-an extensive survey. *Toxins*, *8*, 363

Matiushko, S., & Mekhed, O. (2024). Changes in the content of adenylates in carp tissues under the action of mycotoxin T2. *Biota. Human. Technology*, (3), 78-83. https://doi.org/110.58407/bht.3.24.5 (In Ukrainian).

Матюшко С., Мехед О. Зміни вмісту аденілатів в тканинах коропа за дії мікотоксину Т2. *Biota. Human. Technology*. 2024. № 3. С. 78-83. https://doi.org/110.58407/bht.3.24.5

Mekhed, O. B. (2024). Effect of T-2 mycotoxin on certain biochemical indicators of hydrobionts. *Molluscs: results, problems and perspectives of research*. Zhytomyr: Euro-Volyn, 19–21. (in Ukrainian).

Мехед О. Б. Вплив мікотоксину Т2 на деякі біохімічні показники гідробіонтів. Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень. Житомир: Євро-Волинь, 2024. С. 19-21. https://tinyurl.com/4umjzxt5

Mekhed, O. B. (2013a). Influence of toxicants of different chemical nature on the content of nucleic acids in the body of carp of different ages. *Modern problems of theoretical and practical ichthyology*. Ternopil: Vektor, 203–205. (in Ukrainian).

Мехед О. Б. Вплив токсикантів різної хімічної природи на вміст нуклеїнових кислот в організмі коропа різного віку. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології*. Тернопіль : Вектор, 2013. С. 203–205.

Mekhed, O. B. (2013b). The content of nucleic acids in the organs and tissues of carp depending on rearing conditions. *Scientific notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, *3*(56), 73–78. (in Ukrainian).

Мехед О. Б. Вміст нуклеїнових кислот в органах та тканинах коропа залежно від умов утримання. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2013. № 3 (56). С. 73–78.

Nikolaienko, T., Ivashchenko, M., Ivashchenko, N., & Mekhed, O. (2023). Adaptive changes in the blood parameters of scaly carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) as a response to water pollution. *Natural resources of the border areas in the conditions of climate change*. Chernihiv: Desna-Polihraf, 99–100. (in Ukrainian).

Ніколаєнко Т., Іващенко М., Іващенко Н., Мехед О. Адаптивні зміни показників крові коропа лускатого (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) як відповідь на забруднення води. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату*. Чернігів : Десна-Поліграф, 2023. С. 99–100.

Pantiushenko, I. M., Mekhed, O. B., & Tretiak, O. P. (2012). Features of nucleic homeostasis of one-year-old carp under toxic rearing conditions. *Ecological Intelligence – 2012*. Dnipropetrovsk: DNUZT named after acad. V. Lazarian, 63–65. (in Ukrainian).

Пантюшенко І. М., Мехед О. Б., Третяк О. П. Особливості нуклеїнового гомеостазу цьогорічки коропа за токсичних умов утримання. *Екологічний інтелект – 2012*. Дніпропетровськ : ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2012. С. 63–65.

Phudkliang, J., Soonthornchai, W., Maele, L.V., Xu, H., Qi, Z., Lee, P.-T., Chantiratikul, A., & Wangkahart, E. (2025). Studies on the use of mycotoxin binders as an effective strategy to mitigate mycotoxin contamination in aquafeed: A case study in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, *43*, 102984. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102984

Pickova, D., Ostry, V., & Malir, F. A (2021). Recent Overview of Producers and Important Dietary Sources of Aflatoxins. *Toxins, 13,* 186. https://doi.org/10.3390/toxins13030186.

Polotnianko, L., & Mekhed, O. (2023). Accumulation of mycotoxins in the muscles of scaly carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) when fed T-2 toxin-contaminated feed. Natural resources of the border areas in the conditions of climate change. Chernihiv: Desna-Polihraf, 105–106. (in Ukrainian).

Полотнянко Л., Мехед О. Накопичення мікотоксинів у м'язах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) при згодовуванні корму, контамінованого Т2-токсином. Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату. Чернігів : Десна-Поліграф. 2023. С. 105-106

Polotnianko, L., & Mekhed, O. (2024). Changesin the morphological indicators of carp under the action of mycotoxin T2. *Biota. Human. Technology*, (3), 69-76. https://doi.org/10.58407/bht.3.24.4

Rokvic, N., Aksentijevic, K., Kureljuˇsic, J., Vasiljevic, M., Todorovic, N., Zdravkovic, N., & Stojanac, N., 2020. Occurrence and transfer of mycotoxins from ingredients to fish feed and fish meat of common carp (Cyprinus carpio) in Serbia. *World Mycotoxin J., 13*(4), 545–552. https://doi.org/10.3920/WMJ2020.2580.

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191-2194. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053

Zhang, L., Wang, J., Liu, R., Han, C., Li, X., Ding, J., Zhang, T., & Liu, J. (2019). T-2 Toxin: A Comprehensive Review on Its Occurrence, Toxicity, and Detoxification. *Toxins*, *11*(3). https://doi.org/10.3390/toxins11030147

Zhu, J., Wang, L., Fang, H., Zheng, X., Liu, J., Huang, Z., Wu, W., Yan, Q., Li, Y., & Wang, Y. (2017). Hepatotoxicity of T-2 toxin in HepG2 cells involves inhibition of cell proliferation, apoptosis, and mitochondrial injury. *Food and Chemical Toxicology*, *108*, 434–442. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.006

Received: 07.09.2025. **Accepted:** 28.09.2025. **Published:** 16.12.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Філоненко Д., Мехед О. Біохімічна оцінка впливу афлатоксину B1 на рівень нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного. *Biota. Human. Technology*. 2025. № 3. С. 95–102. DOI: https://doi.org/10.58407/bht.3.25.9

Cite this article in APA style as:

Filonenko, D., & Mekhed, O. (2025). Biokhimichna otsinka vplyvu aflatoksynu B1 na riven nukleinovykh kyslot u tkanynakh karasia zvychainoho [Biochemical assessment of the influence of aflatoxin B1 on the level of nucleic acids in curp tissues]. *Biota. Human. Technology*, (3), 95–102. https://doi.org/10.58407/bht.3.25.9 (in Ukrainian)

Information about the authors:

Filonenko D. [*in Ukrainian*: **Філоненко Д.]** [1], PhD student, email: filonenkoD@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0631-1669
Department of Biology and Human Health, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Mekhed O. [*in Ukrainian*: **Мехед О.]** [2], PhD (Biology), D.Sc. (Pedagogy), Prof., email: mekhedolga@gmail.com
ORCID: 0000–0001–9485–9139 *Scopus Author ID:*6506181994 *ResearcherID:* AAC–7333–2021
Department of Biology and Human Health, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

[1] Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.
[2] Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.